



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
U.N.A.**

FACULTAD DE AGRONOMIA

TRABAJO DE DIPLOMA

**VALIDACION TECNOLOGICA DE UNA MEZCLA DE CEPAS DE *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseoli* EN FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.),
EN EL MUNICIPIO DE SANTA LUCIA, BOACO, DURANTE LA
EPOCA DE PRIMERA, 1999**

Autor:

Br. Mario Manuel Valle González

Asesor:

Ing. Agr. Aleyda López Silva

MANAGUA, NICARAGUA

JULIO, 2000

DEDICATORIA

Al Señor Todo poderoso, que iluminó
mi mente para conseguir un paso
más en mi vida.

A mi esposa y a nuestra linda y
graciosa bebita, **Maelita de los
Angeles Valle Jarquín.**

A mis padres, **Cándida Rosa González Dávila**
y **Manuel de Jesús Valle Morán**, que dieron
todo de su ser para hacer posible este primer
anhelo, referente a mis estudios profesionales.

AGRADECIMIENTO

De manera muy gentil me place agradecer a:

La Universidad Nacional Agraria (U.N.A.), Facultad de Agronomía, (FAGRO), Departamento de Horticultura y con todo respeto a cada uno de los docentes que participaron en mi formación.

Al programa de BECAS de la UNA, por haberme permitido el ingreso a dicho programa y de esta manera concluir exitosamente esta profesión y ponerla a merced de las necesidades más sentidas en el sector productivo de nuestra querida patria.

Al programa Ciencias de las Plantas (UNA-SLU Plant Science Programme), por haberme proporcionado muy amablemente la COMPUTADORA y de esta manera cristalizar este documento.

Cada uno de los escritos que aparecen en esta investigación fue posible por la amable atención que me brindó todo el personal del centro de documentación de la UNA (CENIDA).

A la valiosa educación, consejos, revisión y aportes a este documento que concretizará mi formación como profesional a:

Ing. Agr. Adolfo González

Ing. Agr. Rodolfo Munguía.

Por haber contribuido con el asesoramiento de este documento a:

Ing. Agr. Aleyda López Silva.

El levantado de este texto no hubiese sido posible sin la valiosa colaboración del Ing Agr. Miguel Jerónimo Ríos, quien de manera incondicional me facilitó su computadora y ayudó en la elaboración técnica de este escrito.

“La existencia es una mezcla de saber y no saber. La verdad, como aspiración humana, no es adquisición, sino progresivo acercamiento que siempre deja lugar a la duda”.

Elías Álvarez.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE ANEXOS	iix
RESUMEN	ix
I- INTRODUCCION	1
II- MATERIALES Y METODOS	5
2.1 Descripción de la validación	5
2.1.1 Caracterización del lugar	5
2.2 Material biológico utilizado	7
2.3 Descripción de las alternativas tecnológicas	8
2.4 Variables evaluadas	8
2.5 Descripción del análisis estadístico	10
2.5.1 Análisis de estabilidad modificado	10
2.5.2 Distribución de intervalos de confianza	11
2.5.3 Análisis económico	12
2.6 Sondeo de percepción	12
2.7 Manejo agronómico	12
III- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
3.1 Efecto de la inoculación sobre el crecimiento, desarrollo y componentes del rendimiento del cultivo	14
3.1.1 Altura de plantas	14
3.1.2 Diámetro de tallo	15
3.1.3 Número de nódulos	16

3.1.4 Peso seco de nódulos	17
3.1.5 Número de vainas por planta	18
3.1.6 Número de granos por vainas	19
3.2. Evaluación del rendimiento agronómico del cultivo	20
3.2.1 Análisis de estabilidad modificado	22
3.2.2 Análisis de distribución de intervalos de confianza	23
3.3 Análisis económico de rendimiento	24
3.4 Sondeo sobre la percepción del productor respecto al inoculante utilizado en la validación	34
IV- CONCLUSIONES	35
V- RECOMENDACIONES	36
VI- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	37
VII- ANEXOS	40

INDICE DE TABLAS

TABLA	Página
1. Algunos análisis físicos y químicos de los suelos de las finca de los productores participantes en las parcelas de validación de inoculante en frijol común en el municipio de Santa Lucía- Boaco Nicaragua, 1999	6.
2. Efecto de la inoculación de mezclas de cepas de <i>Rhizobium</i> sobre la altura de plantas, diámetro de tallo, número de nódulos, peso seco de nódulos, número de vainas por planta y número de granos por vaina, en Santa Lucía- Boaco. Primera, 1999.	20
3. Rendimientos del cultivo de frijol establecido en parcelas con inoculante y sin inoculante. Santa Lucía- Boaco. Primera, 1999.	21
4. Análisis económico de las parcelas inoculadas y sin inocular en la finca del productor Vivian Mendoza. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	25
5. Análisis económico de las parcelas inoculadas y sin inocular en la finca del productor Fabiola Escobar. Santa Lucía-Boaco. Primera. 1999.	26
6. Análisis económico de las parcelas inoculadas y sin inocular en la finca del productor Silverio Jarquín. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	27
7. Análisis económico de las parcelas inoculadas y sin inocular en la finca del productor. Socorro Flores Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	28
8. Análisis económico de las parcelas inoculadas y sin inocular en la finca del productor Francisco R. Angulo. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	29
9. Análisis económico de las parcelas inoculadas y sin inocular en la finca del productor Francisco Flores Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	30
10. Análisis económico de las parcelas inoculadas y sin inocular en la finca del productor Fernando Chavarria. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	31
11. Análisis económico de las parcelas inoculadas y sin inocular en la finca del productor Ernesto Suárez. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	32
12. Análisis económico de las parcelas inoculadas y sin inocular en la finca del productor Joaquín Angulo Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	33

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Precipitación durante los meses de Mayo a Agosto de 1999 en el municipio de Santa Lucía-Boaco.	7
2. Altura de plantas (cm) en parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	15
3. Diámetro de tallo (mm) parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	16
4. Número de nódulos por planta, parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	17
5. Peso seco de nódulos (g), parcela de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	18
6. Número de vainas por planta, parcela de validación de frijol común (<i>Paseolus vulgaris</i> L). Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	19
7. Número de granos por vaina, parcela de validación de frijol común (<i>Paseolus vulgaris</i> L). Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	20
8. Respuesta lineal para frijol inoculado y sin inocular, Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	22
9. Distribución de intervalos de confianza para frijol inoculado y sin inocular en "ambientes buenos", Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	23
10. Distribución de intervalos de confianza para frijol inoculado y sin inocular en "ambientes pobres". Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	24

INDICE DE ANEXO

Anexo	Página
1. Comportamiento de la altura de plantas(cm) parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	40
2. Comportamiento del diámetro del tallo (mm) parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	40
3. Comportamiento del número de nódulos por planta parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco, 1999.	41
4. Comportamiento del peso seco de nódulos (g) parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	41
5. Comportamiento del número de vainas por planta parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	42
6. Comportamiento del número de granos por vaina parcela de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	42
7. Resultados para ambientes buenos con inoculante. Parcelas de de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	43
8. Resultados para ambientes buenos sin inoculante. Parcelas de de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	43
9. Resultados para ambientes pobres con inoculante. Parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	44
10. Resultados para ambientes pobres con inoculante. Parcelas de de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.	44
11. Características agronómicas de la variedad de frijol DOR-364.	45
12. Condiciones agroecológicas óptimas para el cultivo de frijol.	45

RESUMEN

Con el presente trabajo, se validó una tecnología de inoculación de una mezcla de cepas de *Rhizobium* en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Esta se llevó a cabo en el municipio de Santa Lucía Departamento de Boaco, en la época de primera de 1999, con el objetivo de probar una tecnología alternativa (uso de inoculante), comparado al manejo tradicional que le dan los productores a sus parcelas, teniéndose en cuenta que en ambas parcelas no se les aplicó fertilizante. Esta validación se realizó en la finca de 9 productores, quienes se encargaron del manejo agronómico del cultivo. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, Número de granos por vaina, Diámetro de tallo, Número de nódulos, Peso seco de nódulos, Número de vainas por planta, evaluadas en las etapas R6 y R8 y Rendimiento. De acuerdo a los resultados, se obtuvieron 4 fincas con ambientes buenos, los rendimientos obtenidos oscilaron entre 215.43 a 2,154.33 kg/ha, todas las variables evaluadas presentaron significancia estadística, con excepción de la variable "Número de vainas por planta y Número de granos por vainas." En el análisis económico, en el presupuesto parcial, resultaron 7 parcelas dominadas por el tratamiento alternativo. Respecto a la percepción de los productores, a través de encuesta se logró determinar que el 83%, de los productores están dispuestos a optar la nueva alternativa.

I. INTRODUCCION

Las leguminosas se encuentran entre los cultivos más importantes del mundo, debido a que suministran alimento para el hombre (granos) y a los animales (forraje) y permiten la economía del nitrógeno del suelo, ya que la mineralización de los residuos constituye un aporte de nitrógeno que necesitan del abundante nitrógeno gaseoso del aire, el cual es fijado y reducido hasta amoníaco (NH_3) gracias a una encima localizada en el interior de los rizobios llamada Nitrogenasa (Sylvester *et al.*, 1987).

La norma recomendada de consumo per cápita de frijol es de 16.2 kg, en 1990 el consumo per cápita fue 14.8 kg y en 1996 fue de 11.9 kg representando el 27% menos con relación a la norma (Jiménez, 1997).

El cultivo de frijol en la época de primera de 1999, se sembró en un área total de 48,365.03 hectáreas y se cosecharon un total de 38,983.91 hectáreas, presentándose de esta manera un total de área perdida de 9,381.11 hectáreas, los rendimientos promedios obtenidos en esta etapa, fueron de 327.4 kg/ha, obteniéndose una producción total de 26,032,181.81 kg (MAG-FOR, 2000)

El cultivo del frijol es una actividad agrícola generalizada por pequeños y medianos productores en manos de los cuales se encuentran aproximadamente el 95% de las tierras. Dicho cultivo se establece, sobre todo, en áreas marginales, donde aún se emplean métodos tradicionales de producción como el uso de variedades tradicionales, siembra al espeque, baja densidad y una deficiente fertilización (Alemán & Tercero, 1991).

Incrementar el rendimiento por unidad de superficie de frijol común es preocupación actual en Nicaragua. Alcanzar esta meta será el resultado de diversas experiencias que aseguren su éxito (Dávila, 1977).

En función a este muy sentido problema, se han implementado y probado diversas tecnologías con el fin de disminuir, por lo menos , un poco el hambre. Por esa razón se presenta una alternativa viable para aumentar la producción y reducir los costos, como es la utilización de la simbiosis leguminosa – *Rhizobium* (Hardy, 1990).

El inoculante, que es producido en Nicaragua, es un preparado industrial fabricado a partir de cultivos puros de *Rhizobium* seleccionándose cepas por su especificidad para nodular determinada planta leguminosa, así como por su capacidad de fijar nitrógeno, manteniéndolas en un soporte inerte que generalmente es turba orgánica, para proteger las bacterias durante el período de preservación y facilitar su adhesión a la semilla (Binder, 1997).

Una simbiosis es la interacción obligatoria y dependiente entre dos especies, de la cual ambas se benefician (mutualismo). La simbiosis fijadora de nitrógeno, se basa en la asociación, de bacteria del género *Rhizobium* con las plantas de la familia de las leguminosas. Las leguminosas suministran energía en forma de productos de la fotosíntesis a las bacterias y estas proporcionan a las plantas el nitrógeno que fijan del aire. La asociación provoca la formación de un nuevo órgano, el nódulo, que generalmente se localiza en las raíces de las plantas; en este se lleva a cabo la fijación de nitrógeno atmosférico (Binder, 1997).

El *Rhizobium* es una bacteria no esporulante y como resultado, su sobrevivencia en un inoculo es algo incierta. Sin embargo, se desarrolla bien en el suelo y está usualmente presente en tierras cultivadas (FAO, 1985).

El rizobium (en sentido amplio), son microorganismos capaces de inducir formación de nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico en las raíces de las plantas de la familia leguminosa. Son bacilos de 0.5 a 0.9 μm de ancho y 1.3 a 3.0

um de longitud, son bacterias gran negativas y no esporulante; son móviles debido a flagelos peritricos o a un flagelo polar (o subpolar) (FAO, 1985).

A pesar de ser el frijol la principal fuente de proteína alimenticia del Nicaragüense, no se visualiza el aumento en productividad debido a su marginalidad y al poco uso de prácticas agronómicas avanzadas (Somarriba, 1998).

Los países de la región han estado necesitando llevar tecnología a los productores; los centro de investigación en muchos casos tiene la tecnología disponible, sin embargo, esta no ha sido validada lo que a hecho difícil su acceso seguro al productor (PASOLAC, 1998).

Ante tal realidad, es de suma importancia el exponer la tecnología de la inoculación con *Rhizobium* en frijol común a una validación tecnológica; esta según Pedroza & Salazar (1997), consiste en una prueba de campo que se realiza en un área o entidad biofísica bajo las condiciones de la unidad de producción, en la que se confirma o verifica una opción o alternativa tecnológica que la experimentación ha demostrado que supera en rendimiento, beneficio económico o aspectos sociales a la tecnología que usan los productores.

El presente trabajo de validación se llevó a cabo en el municipio de Santa Lucía Departamento de Boaco, en la época de primera de 1999 y tiene por objetivo:

Objetivo general

Validar la tecnología de inoculación producida por una mezcla de cepa de *Rhizobium* en frijol común (*Paseolus vulgaris* L.) en el municipio de Santa Lucía, departamento de Boaco en la época de primera, 1999.

Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la inoculación producida por una mezcla de cepas de *Rhizobium* sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del frijol común en las parcelas de validación en el período primera, 1999.

Determinar a través del análisis económico en las parcelas de validación la opción económica más favorable en el período de primera, 1999.

Determinar a través del análisis de estabilidad modificado cuál de las tecnologías es más estable.

Determinar el grado de percepción que muestran los productores sobre el uso de inoculante.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 Descripción de la validación

2.1.1 Caracterización del lugar

El establecimiento de las parcelas de validación, se llevó a cabo en las localidades de Las Mercedes, El Sitio, El Talpetate, El Ventarrón y Los Garcias; ubicadas en el municipio de Santa Lucía departamento de Boaco. Según (INETER, 1999), las alturas donde se establecieron las parcelas, oscilan entre 600 a 800 msnm; las coordenadas se encuentran en 12° 26' 00" a 12° 32' 00" latitud norte y 85° 42' 00" a 85° 42' 51" longitud oeste; presentando un relieve escarpado con pendiente que oscilan entre el 5 al 60%; temperaturas promedios de 24 a 36°C; con humedad relativa promedio de 75 a 85% y una precipitación media anual de 1400 a 1800 mm.

Los suelos predominantes en las zonas donde se realizó ésta validación, se clasifican como: Udic Argilus Yolls + Pachic Argiustolls (MH-4); estos son suelos bien drenados, moderadamente profundos, relieve plano a muy escarpado y con fertilidad media. En su horizonte 0 (primeros 15 cm de suelo), son pardo rojizo oscuros (5YR 3/3) en húmedo, franco arcilloso, granular medio y grueso, moderadamente fuerte, débilmente duro firme ligeramente plástico y ligeramente adherente, frecuentemente poros finos y muy finos, abundantes raíces finas y muy finas, reacción ligeramente ácido (pH 6.2); límite claro y ondulado. Los tipos de suelos existentes en estas fincas son: Cc-2, Ic-2 y Id-6p (INETER, 1980).

Para realizar el análisis físico y químico del suelo, se extrajeron 5 submuestras de suelo en el campo a una profundidad de 20 cm, esto se realizó antes de la siembra. Los resultados obtenidos se muestran en la (Tabla 1).

Tabla 1. Algunos análisis físicos y químicos de los suelos en las fincas de los productores participante en las parcelas de validación de inoculante en frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

Nombre de los productores	PH en H ₂ O	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (meq/100g suelo)	Clase Textural	Localización
1. Joaquín Angulo	5.4	8.65 A	0.43 A	6.29 B	0.23 N	Arcilloso	Los Garcias
2. Fabiola Escobar	5.1	3.85 N	0.19 A	0.00 B	0.21 N	Arcilloso	El Talpetate
3. Fernando Chavarria	5.5	4.42 A	0.22 A	0.00 B	0.30 N	Arcilloso	Las Mercedes
4. Siverio Jarquín	5.3	4.14 A	0.23 A	1.11 B	0.14 B	Arcilloso	El Ventarrón
5. Francisco R. Angulo	6.0	2.94 N	0.14 N	1.11 B	0.08 B	F. Arcilloso	El Ventarrón
6. Socorro Flores	5.8	4.68 A	0.23 A	0.00 B	0.18 B	Arcilloso	El Sitio
7. Vivian Mendoza	5.2	4.00 N	0.18 A	1.08 B	0.12 B	F. Arcilloso	El Sitio
8. Ernesto Suárez	5.1	3.46 N	0.11 N	1.91 B	0.08 B	Arcilloso	El Sitio
9. Francisco Flores	5.4	3.33 N	0.16 A	1.91 B	0.20 N	Arcilloso	El Ventarrón

Clave: A: Alto; N: Normal; B: Bajo; MO: Materia Orgánica.

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua, Universidad Nacional Agraria 1999.

El establecimiento de las parcelas de validación fue el 27 de Mayo de 1999, y su cosecha el 11 de Agosto del mismo año. Todos los productores utilizaron la variedad DOR-364.

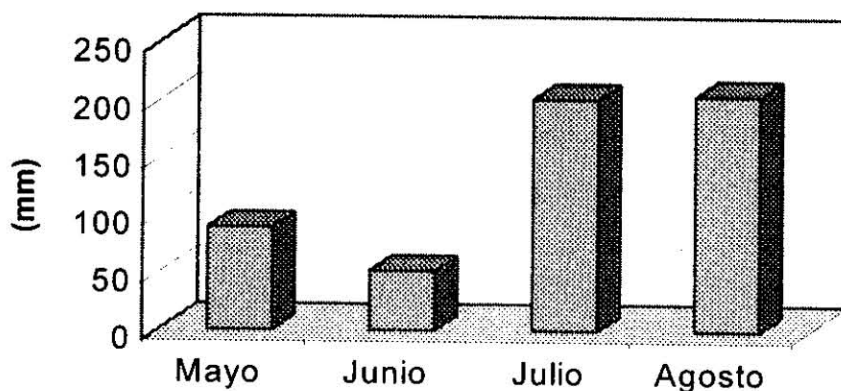


Figura 1. Precipitación durante los meses de Mayo a Agosto, en Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

2.2. Material biológico utilizado

La semilla de frijol que se utilizó corresponde a la variedad mejorada DOR-364, recomendada a nivel nacional para la siembra en la época de postrera y apante, presenta ciclo de 78 días, con un potencial de rendimiento que oscila entre 1291 a 2259 kg/ha (Ver Anexo 11).

La empresa GRAINCO de la ciudad de Chinandega-Nicaragua, es la encargada de producir el inoculante que en esta validación es utilizado como una alternativa tecnológica. Este consiste en una mezcla de cepas de *Rhizobium*. Se utilizó el método de inoculación directa a la semilla de frijol, el que consiste en agregar el inoculante (0.11 kg), agua (250cc) y una cucharada de aceite vegetal (5ml) mezclándolo bien; después se mezcla con la semilla de frijol (12kg), esta mezcla se usa para la siembra de 0.1756 ha.

2.3 Descripción de las alternativas tecnológicas

La validación consistió en establecer dos parcelas en las fincas de los productores con su manejo agronómico tradicional; se establecieron un total; de dieciocho (18) parcelas, de las cuales 9 representaban la alternativa tecnológica (uso de inoculante) y las 9 parcelas restantes correspondían a la tecnología tradicional empleada por los productores (no-aplicación de fertilizante). Cada parcela estaba representada en un área de 625 m².

A las primeras 9 parcelas se les aplicó el inoculante al momento de la siembra, a razón de 0.03kg de inoculante por cada 3.44 kg de semilla. A las parcelas restantes (de control) al igual que las parcelas inoculadas no se les aplicó fertilizante químico.

2.4 Variables evaluadas

La variable principal en las parcelas de validación es la de rendimiento del cultivo. Sin embargo para fines académicos, también se evaluaron otras variables como: altura de planta, diámetro de tallo, número de nódulos por planta, peso seco de nódulos en etapa R6, número de vainas por plantas, número de granos por vaina en la etapa R8.

Altura de planta

Se tomó de la parte basal del tallo, hasta la última hoja trifoliada; medición que se llevó a cabo utilizando una cinta métrica.

Diámetro de tallo

Se midió el diámetro de la parte basal del tallo de las plantas, tomándose 10 plantas de ambas parcelas como muestra, para la obtención de un promedio

general; la selección de las plantas se realizó al azar y como instrumento de medida del diámetro se utilizó un vernier.

Número de nódulos

La etapa R6 es la más importante, puesto que es durante esta etapa que se da la mayor cantidad de nódulos formados. Para efecto del conteo, se trasladó en bolsas de papel kraf todo el sistema radical de las plantas con su respectiva tierra, hacia el laboratorio de fisiología vegetal de la Universidad Nacional Agraria; posteriormente se procedió al lavado para eliminar la tierra impregnada al sistema radical, y por último a desprender los nódulos con una pinza, depositándolo en un plato petrix, contándolos a la vez.

Peso de nódulos

Se recolectaron los nódulos y se dejaron secar por 20 días a temperatura ambiente y posteriormente se pesaron.

Número de vainas

Se seleccionaron 10 plantas al azar tanto de la parcela con y sin inoculante, donde se obtuvo el promedio de vainas por plantas.

Número de granos por vainas

A 10 plantas en ambas parcelas se les realizó el conteo de granos por vainas, la selección de las plantas fue al azar, obteniéndose de esta manera el promedio de granos por vainas.

2.5 Descripción del análisis estadístico

Además del análisis descriptivo se realizó un análisis de varianza con arreglo en BCA, en el cual cada finca fue considerada un bloque maximizando de estas formas las diferencias entre los bloques, esto nos permite, según Pedroza (1993), reducir el error experimental.

Para la obtención de resultados de análisis técnicos-estadístico provenientes de validaciones en fincas se requiere de procedimientos diferentes a los diseños experimentales comunes. Un método útil de análisis es el de combinar un análisis de estabilidad modificado y una distribución de intervalos de confianza (Pedroza & Salazar, 1997).

2.5.1 Análisis de estabilidad modificado

Este análisis, según Pedroza & Salazar (1997) está basado en un procedimiento utilizado hace tiempo por los fitomejoradores. Es una manera de hacer uso de la variabilidad existente en diferentes fincas para ayudar a confirmar dominios de recomendación o señalar la necesidad de dividirlos. Este análisis es un procedimiento simple, el cual utiliza un índice ambiental creado a partir de los datos de los ensayos en finca, como una manera de estimar a todos los factores que influyen en la respuesta de una alternativa tecnológica. Estos factores incluyen el clima, el suelo y las prácticas de manejo del productor.

Una finca en la que los rendimientos promedios de las alternativas tecnológicas son aptos por cualquier razón, es considerada como un ambiente bueno para ese cultivo. Por el contrario si en una finca el rendimiento es bajo, por cualquier razón, es considerada como un ambiente pobre.

De esta forma, el ambiente se torna en una variable continua y cuantitativa, cuyo rango de valores son los rendimientos promedios, de cada sitio, en la validación tecnológica. El rendimiento de cada una de las alternativas

tecnológicas puede ser relacionado con el ambiente con una regresión lineal simple basada en la siguiente ecuación

$$Y_i = a + be$$

Donde:

Y_i = Rendimiento de la i -ésima alternativa tecnológica.

a = Intercepto.

b = coeficiente de regresión.

e = índice ambiental, que es el rendimiento promedio de las alternativas tecnológicas de cada sitio.

Calculada independientemente para cada alternativa tecnológica, la ecuación de regresión correspondiente y graficado en un mismo plano cartesiano el rendimiento estimado respecto al índice ambiental, es posible hacer una comparación de las tecnologías.

2.5.2 Distribución de intervalos de confianza.

Complementariamente, la distribución gráfica de intervalos de confianza es usada para los efectos de evaluar la variabilidad en los resultados a esperar de una tecnología dentro de un dominio de recomendación (Pedroza & Salazar, 1997).

El intervalo de confianza para un determinado nivel de confianza $t\alpha$ se calcula de la siguiente manera:

$$Y \pm t\alpha Sy$$

Donde:

Y = Rendimiento promedio del tratamiento.

α = Nivel de confianza.

S_y = Error estándar.

t_{α} = Valor de "t".

2.5.3 Análisis económico

El análisis económico de los rendimientos se realizó utilizando la metodología del presupuesto parcial definido por el CIMMYT (1988).

El análisis económico apartir del presupuesto parcial, es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos (CIMMYT, 1988).

2.6 Sondeo de percepción de la nueva alternativa tecnológica

Este se realizó a través de encuestas de forma directa al os productores.

2.7. Manejo agronómico

Las diferentes actividades llevadas a cabo en el manejo agronómico del cultivo, fueron realizadas de acuerdo a la forma tradicional de los productores, cabe resaltar que ninguno de los productores hicieron aplicaciones de fertilizantes químicos.

La primera actividad fue la limpia, realizada una semana antes de la siembra; consistió en una chapea de rastrojo, seguidamente de amontonamiento del rastrojo y quema. La siembra se realizó de forma manual (método al espeque), la distancia de siembra correspondió a 0.4 m entre surco y 0.3 m entre golpe, con una dosificación de 3 granos por golpes, obteniéndose una densidad

poblacional de 250,000 plantas por hectárea. El segundo control de maleza se llevó a cabo a los 25 días después de la siembra, haciendo uso de machetes y azadones.

Durante el ciclo de cultivo hubo presencia de plagas como: Babosa (*Vaginulus plebeius*), controlada de forma directa, haciendo uso de palos puntiagudos por las noches; conejos, control directo a través de la caza por la noche; Gallina ciega (*Phylophaga sp*), controlada de forma manual con estacas; Chicharrita (*Diabrotica sp*), no hubo ningún método de control. En cuanto a enfermedades hubo presencia de mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*), con baja incidencia, lo cual no hubo necesidad de control.

La cosecha se realizó de forma manual, consistió en el arranque de la planta, agrupándola en pequeños manojos, dejándolos expuestos al sol por un período de 6 días, posteriormente en una carpa de plástico de dimensiones de 4 x 3 m de largo y ancho respectivamente, se procedió al aporreo, haciendo uso de varas de 0.6 m de largo, con un diámetro de 2.5 cm.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efecto de la inoculación sobre el crecimiento, desarrollo, y componentes del rendimiento del cultivo.

3.1.1 Altura de planta

Según (Rodríguez, 1981), cita que la altura de la planta es un carácter altamente influenciado por el medio ambiente, por lo que sus valores pueden variar de acuerdo al cambio que ocurra en este. Además influye el efecto del inoculante; esto se puede observar en la (Figura 2), donde únicamente los productores Vivian Mendoza (7) y Francisco Flores (9), presentan alturas menores en sus parcelas inoculadas respecto a la sin inocular. Esto se puede relacionar a lo que cita Debouk & Hidalgo (1985); la altura depende también de otros factores como, longitud de entrenudos, la arquitectura de la planta, etc.

Era de esperarse que la altura, al someterla a un análisis estadístico, presentara resultados significativos, puesto que de todas las parcelas evaluadas la mayoría presentaba mayor altura en la parcela inoculada, coincidiendo con Llano & Obando (1996), quienes reportan que la variedad DOOR-364 responde a ambientes favorables.

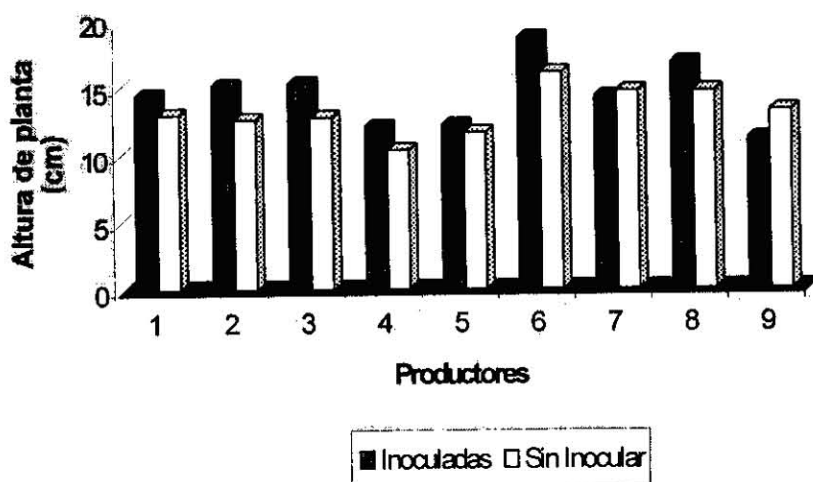


Figura 2. Altura de plantas (cm) en parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

3.1.2 Diámetro de tallo

Con el uso del inoculante la planta tiende a aumentar su altura y por ende su longitud de entre nudos, por esta razón en esta variable la mayor parte de las parcelas presentan mayor diámetro en donde no se aplicó inoculante. La Figura 3 nos muestra que únicamente en las parcelas de los productores Joaquín Angulo (1), Fabiola Escobar (2) y Fernando Chavarria (3), el diámetro del tallo es mayor en la parcela inoculada, respecto a la sin inocular.

La limitación de crecimiento a ciertas partes vegetales parece tener relación con el desarrollo filogenético (Esaú, 1986).

El diámetro del tallo al igual que la altura, son variables altamente influenciados por las variaciones agroclimáticas.

Según Debouk & Hidalgo (1985), el diámetro del tallo es consecuencia del crecimiento secundario de las plantas. Es una característica cuantitativa, es variable y está influenciada por las condiciones ambientales.

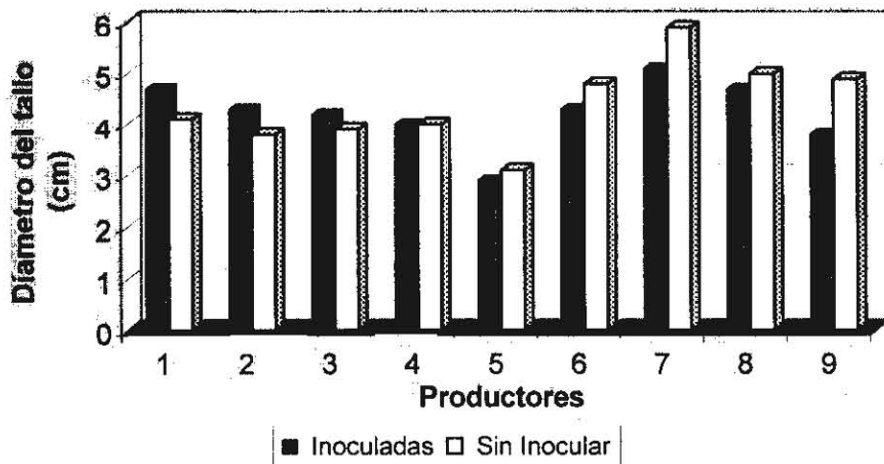


Figura 3. Diámetro de tallo (mm), en parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

3.1.3 Número de nódulos

Existen casos en los que las cepas nativas pueden ser superiores a las estudiadas en una determinada condición debido a que son únicas para ese suelo, formando una situación en que las cepas evaluadas no pueden competir con las nativas por sitios en las raíces de la leguminosa huésped (Hubell, 1986; citado por Miranda & Molina, 1992).

Otro factor influyente en la significancia obtenida en esta variable, es la temperatura, ya que según Sylvester *et al.* (1987), la temperatura óptima para la nodulación está entre 25 y 30 °C.

Con los resultados obtenidos, se concluye que existe diferencia significativa. Esto se debió a la poca presencia de bacterias nativas, permitiéndose de esta forma la mayor efectividad de las bacterias introducidas a

través de la inoculación. Con excepción de los productores, Joaquín Angulo (1), Fernando Chavarría (3) y Ernesto Suárez (8).

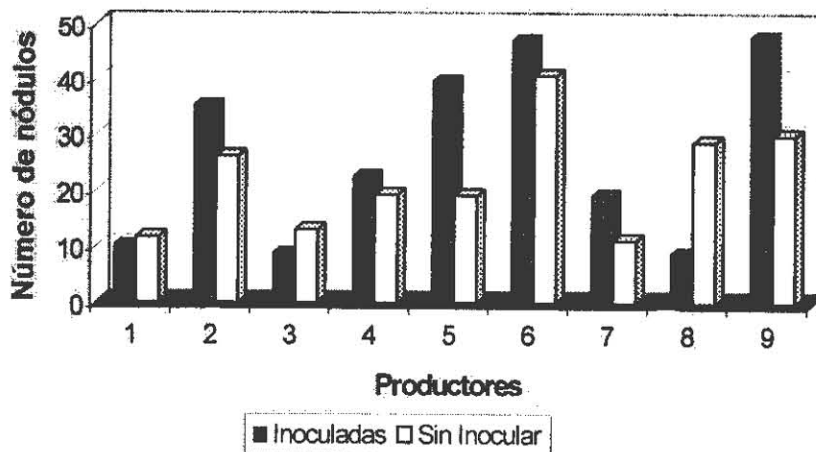


Figura 4. Número de nódulos por planta, en parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

3.1.4 Peso seco de nódulos

La deficiencia de potasio, azufre y fósforo se manifiestan principalmente en la reducción del crecimiento de la leguminosa (FAO, 1985)

En esta variable, los resultados obtenidos son bajos (Figura 5), esto debido a la poca presencia de potasio en el suelo.

En los productores Fabiola Escobar (2), Fernando Chavarría (3), Siverio Jarquín (4) y Ernesto Suárez (8) los resultados obtenidos demuestran que tiene mayor peso los nódulos provenientes de las parcelas no inoculada (Figura 5).

Otro factor que toma parte en la baja del peso de nódulos es la falta de humedad. La sequía también provoca una disminución en la actividad de los *Rhizobium*, ya que reduce número y tamaño de nódulos (Binder, 1997). Dentro del ambiente físico, la humedad del suelo influye sobre la formación de nódulos (Day *et al.*, 1978, citado por Portillo, 1995).

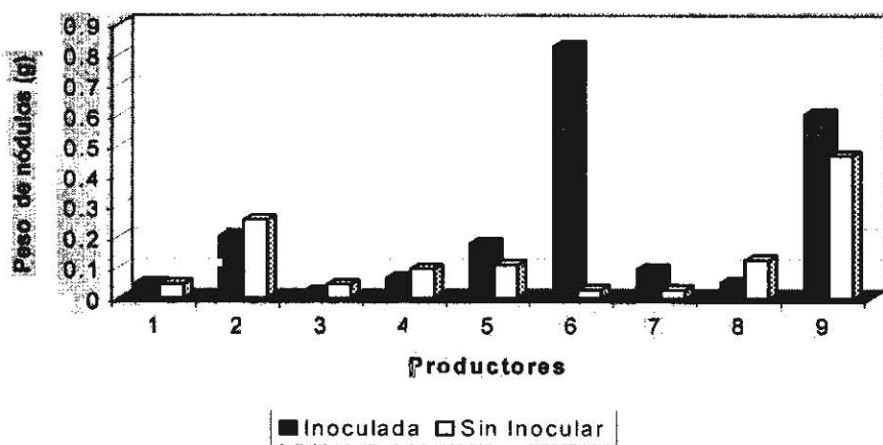


Figura 5. Peso seco de nódulos (g), en parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

3.1.5. Número de vainas por planta

El número de vainas es uno de los caracteres que más relación tiene con el rendimiento y está en dependencia del número de flores que tenga la planta (Tapia, 1987).

En los resultados obtenidos, no se determinó efectos significativos (Figura 6). Sin embargo, presentaron diferencia numérica a favor de la nueva tecnología; por esta razón el frijol inoculado supera en rendimientos a la tecnología tradicional (sin fertilizante), ya que según Mezquita, (1973) , dice que el número de vainas por planta siempre está asociado con el rendimiento.

A pesar de haber sufrido estrés hídrico en sus primeros periodos de crecimiento, las cepas de *Rhizobium* introducida lograron satisfacer los requerimientos de nitrógeno atmosférico del cultivo, resultando de esta manera efectiva. Garassini, (1967), citado por Castillo & Flores, (1999) sugieren que la mayor parte del nitrógeno fijado durante el periodo de crecimiento primario se encuentra en las raíces y cuando llega a la madurez, hasta un 74% de nitrógeno se encuentra en la parte aérea. El nitrógeno fijado es utilizado en la floración, formación de vainas y llenado del grano.

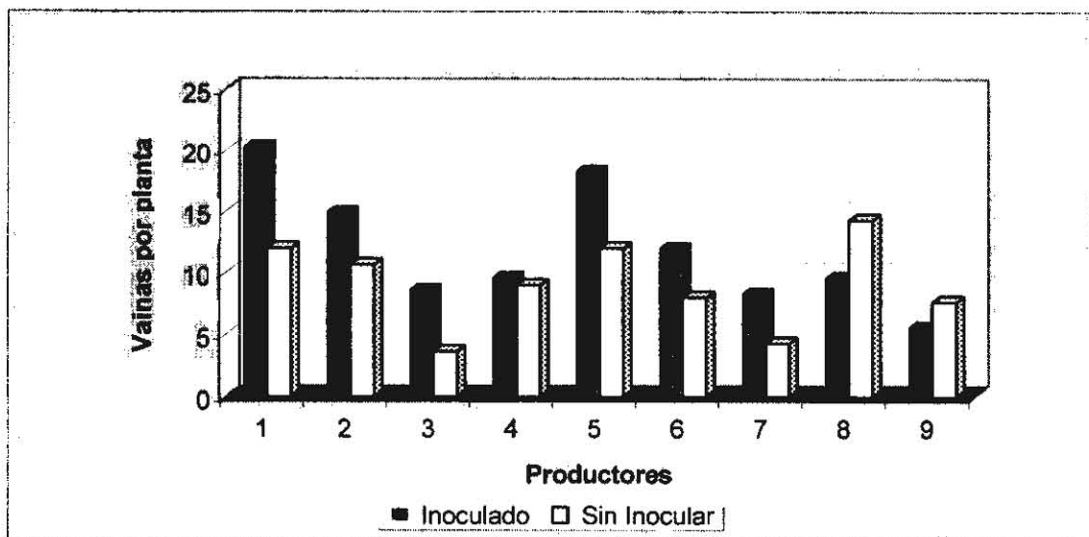


Figura 6. Número de vainas por planta, en parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

3.1.6 Número de granos por vainas

El número de granos por vainas es determinante en el rendimiento (White, 1985). Y según Marín (1994), la variedad DOR-364 el promedio de granos por vainas es de 5.5, siendo superado en este trabajo por ambas tecnologías, dado que presentaron un promedio de 5.65 y 5.98, tradicional y uso de inoculante, respectivamente.

En la variable número de granos por vainas, no se encontró diferencia significativa; pero sí diferencia numérica, puesto que los productores Joaquín Angulo (1), Fabiola Escobar (2), Silverio Jarquín (4), Francisco R. Angulo (5), Socorro Flores (6) y Vivian Mendoza (7) obtuvieron en sus parcelas mayores promedio en la parcela inoculada, en comparación a la sin inocular; encontrándose únicamente 2 productores con mayor índice en la parcela sin inocular y un productor con igual cantidad de granos por vainas en ambas parcelas. (Figura 6).

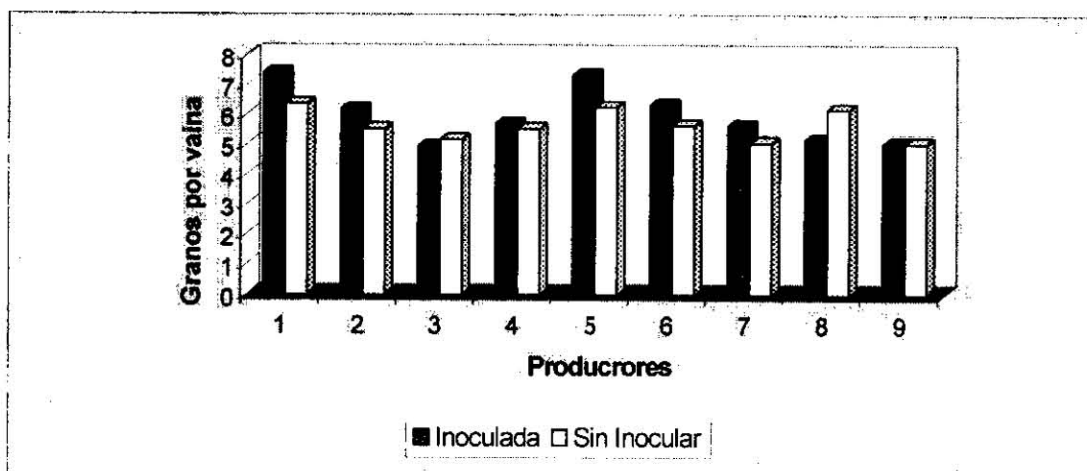


Figura 7. Número de granos por vaina, parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

Tabla 2. Efecto de la inoculación con mezcla de cepas de *Rhizobium* sobre la altura de planta, diámetro de tallo, número de nódulos, peso seco de nódulos, número de vainas por planta y número de granos por vaina, en Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

COMPONENTES	VARIABLES					
	Altura R6 (cm)	Diámetro R6 (mm)	NNP R6	PSN R6 (g)	N vainas/p R8	N.granos/v R8
TFI	14.50 a	4.22 b	27 a	0.2340 a	12 a	6 a
TFSI	13.30 b	4.38 a	22 b	0.2157 b	9 a	6 a
Significancia	*	*	*	*	NS	NS
C. V. %	5	9.50	35	17	28	8

TFI: Tecnología de Frijol Inoculado.

TFSI: Tecnología de Frijol sin Inocular.

C. V%: Coeficiente de Variación.

NNP: Número de Nódulos por Planta.

PSN: Peso Seco de Nódulos.

N. vainas: Número de vainas por planta.

N. granos/v: Número de granos por vaina.

3.2. Evaluación del rendimiento agronómico del cultivo

A continuación en la (Tabla 3), se puede comparar los rendimientos en kg/ha en parcelas que se inocularon y parcelas no inoculadas; en las cuales se llevó a cabo la validación de una mezcla de cepas de *Rhizobium*; obteniéndose

únicamente en la parcela del productor Ernesto Suárez (8), resultados mayores en la sin inocular con relación a la inoculada.

Los resultados obtenidos, demuestran que en todas las variables evaluadas hubo diferencias significativas, no así en la variable de número de vainas por planta; sin embargo cabe destacar que existen diferencias numéricas, siendo mayores los rendimientos de la parcela inoculada. Según estos resultados era de esperarse que en la mayoría de las fincas de los productores la nueva tecnología superaría en rendimientos a la tradicional.

Es importante destacar que 7 de 9 productores en las parcelas inoculadas superaron el rendimiento promedio anual y 5 de 9 productores en las parcelas sin inocular lograron superar el rendimiento promedio anual que según el MAG-FOR (1999), es de 580 kg/ha

Tabla 3. Rendimiento del cultivo del frijol establecido en parcelas con inoculante y sin inoculante. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

Nombre del productor	Rendimiento en kg./ha	
	Con Inoculante	Sin Inoculante
1. Joaquín Angulo	1,423.28	1,114.04
2. Fabiola Escobar	2,070.23	1,617.37
3. Fernando Chavarría	291.13	278.19
4. Silverio Jarquín	582.85	452.86
5. Francisco R. Angulo	1,293.89	1,099.81
6. Socorro Flores	1,099.81	711.64
7. Vivian Mendoza	582.25	355.82
8. Ernesto Suárez	215.43	323.47
9. Francisco Flores	2,154.33	1,436.22
e	1073.24	821.07

3.2.1 Análisis de estabilidad modificado

Según Pedroza & Salazar (1997), una finca, en la que los rendimientos promedios de las variedades son altos (por cualquier razón), es considerada como un ambiente “**bueno**” para ese cultivo. Una finca en la que los rendimientos son bajos (por cualquier razón), es considerada como un ambiente “**pobre**”.

De acuerdo al gráfico de regresión lineal simple Figura 8, se puede determinar con alto grado de significancia que los productores Joaquín Angulo (1), Fabiola Escobar (2), Francisco R. Angulo (5) y Francisco Flores (9) presentaron rendimientos promedios superiores al índice ambiental que es de 947.156 kg/ha; considerándose dichas fincas como ambientes “buenos” para este cultivo.

Una observación muy puntual en el gráfico es que la nueva tecnología siempre se impone sobre la tradicional, presentando un potencial productivo mayor en un veintiséis por ciento, esto significa que por cada unidad que se incremente la tecnología tradicional a partir del índice ambiental, la de inoculación se aumentará en 1.26 unidades.

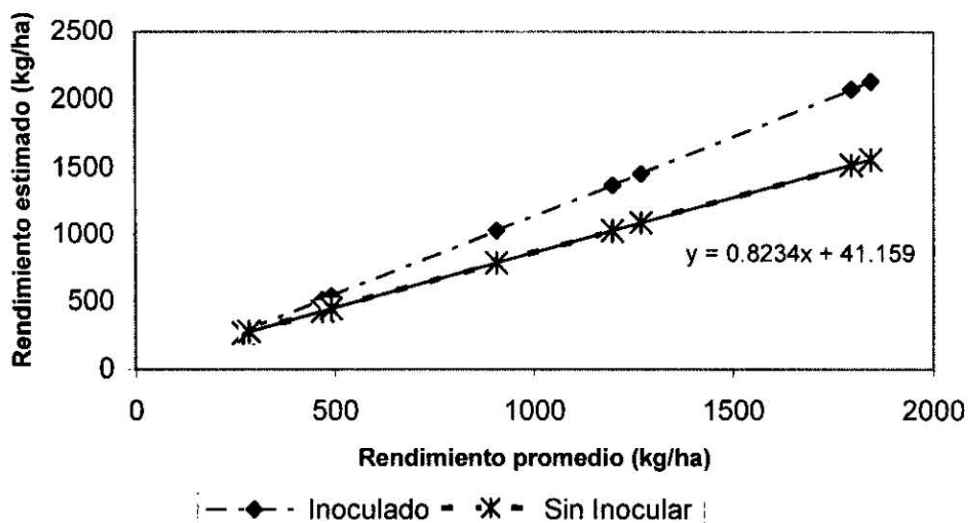


Figura 8. Respuesta lineal para frijol sin inoculante e inoculado. Santa Lucía-Boaco. Primera 1999.

3.2.2 Análisis de distribución de los intervalos de confianza

En la Figura 9, que corresponde a los ambientes buenos, según el análisis de estabilidad modificado, con un 95% de confianza se puede esperar rendimientos mínimos de 1250 kg/ha y como máximos 2300 kg/ha utilizando la nueva tecnología, y rendimiento que va desde 800 kg/ha hasta un máximo de 1700 kg/ha aplicando la tecnología tradicional. Según el comportamiento del gráfico, la tecnología sin inocular se muestra más estable; pero aún siendo menos estable la tecnología de inoculación, ésta resulta con mayor ventaja, puesto que con una probabilidad al 95% el rendimiento más bajo, probablemente superará al índice ambiental

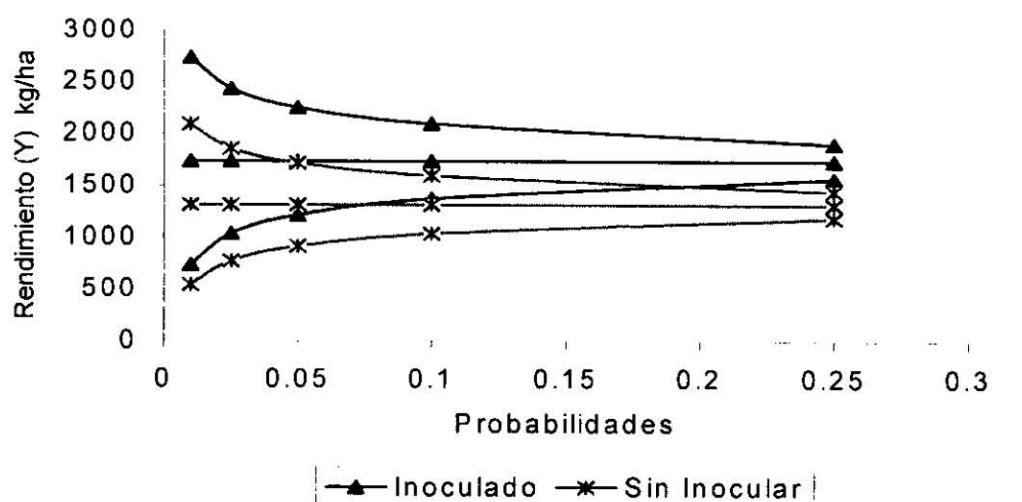


Figura 9. Distribución de intervalos de confianza para frijol inoculado y sin inocular en "ambiente bueno". Santa Lucía-Boaco. Primera 1999.

Respecto a los ambientes pobres ambas tecnologías resultan muy riesgosas; la nueva tecnología por comportarse poco estable según la Figura 2 y la tradicional por presentar la probabilidad de obtener rendimientos muy bajos; sin embargo la tecnología tradicional garantiza una mayor estabilidad. Es importante recalcar que los rendimientos esperados de ambas tecnologías, resultan más bajos que el índice ambiental.

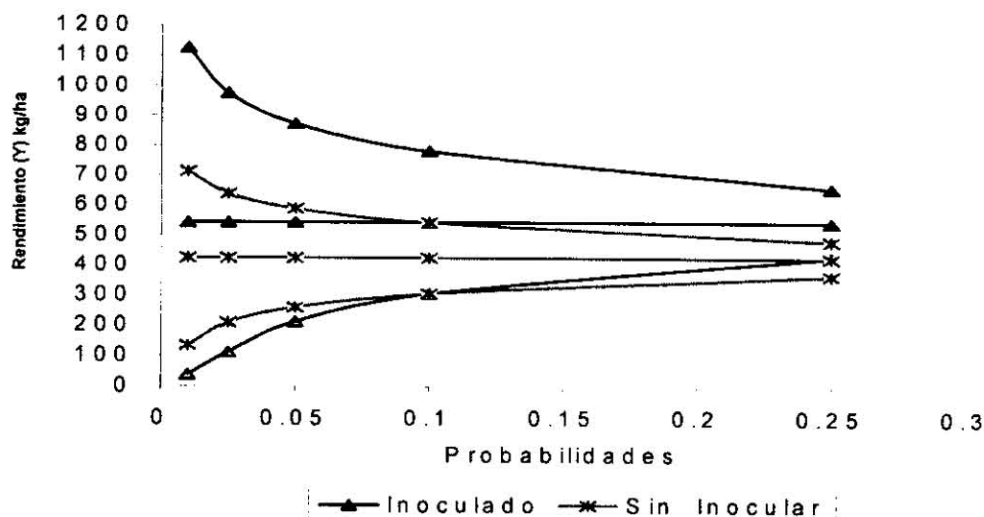


Figura 10. Distribución de intervalos de confianza para frijol inoculado y sin inocular en “ambiente pobre”. Santa Lucía – Boaco. Primera 1999.

3.3 Análisis económico de rendimiento

En este análisis los rendimientos medios fueron ajustados al 5% de cada uno de los productores que tomaron parte en esta validación de una mezcla de cepas de *Rhizobium* versus la sin inoculación que representa la tecnología que el productor ha venido utilizando tradicionalmente para el cultivo de frijol (sin uso de fertilizante). La razón por la cual el rendimiento se ajustó al 5%, es por que los productores llevaron a cabo el manejo agronómico de las parcelas y por lo tanto incidieron en los resultados obtenidos.

Según el CIMMYT (1988), el ajuste del rendimiento de cada tratamiento es el rendimiento medio reducido en cierto porcentaje con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento.

Tabla. 4. Análisis económico de las parcelas con y sin inoculación, en la finca del productor Vivian Mendoza, en Santa Lucía – Boaco. Primera, 1999.

	INOCULADA	SIN INOCULAR
Rendimientos medios(kg / ha)	582.25	355.82
Rendimientos ajustados 5% (k g / ha)	553.14	338.03
Precio de campo de frijol (C\$ /kg)	7.50	7.50
Beneficio bruto de campo (C\$ / ha)	4,148.55	2,435.22
COSTOS VARIABLES		
Costo del inoculante (C\$ / ha)	65.78	
Costo de mano de obra de inoculación (C\$ / ha)	41.66	
Total de costos que varían (C\$ / ha)	107.44	
Beneficio neto (C\$ / ha)	4,041.11	2,535.22
Tasa de retorno marginal. (%)	1,402	

En la finca del productor Vivian Mendoza (7), los rendimientos ajustados al 5% muestran una clara diferencia entre la parcela inoculada (con 553.14 kg/ha) con relación a la parcela sin inocular (con 388.00 kg/ha), dicha diferencia es de 215. 11 kg/ha, favorable a la parcela inoculada. Cabe destacar que el productor en la parcela de control, no aplicó fertilizante químico.

Con relación a los costos variables, la parcela inoculada excede en 107.44 C\$ / ha, con respecto a la sin inocular, esta cantidad representa específicamente el costo del inoculante y su aplicación. La TRM es de 1402%, esto significa, que por cada córdoba que se invierte en la nueva tecnología se obtiene un beneficio neto de C\$ 1 más C\$ 14.02

Tabla. 5. Análisis económico de las parcelas con y sin inoculación, en la finca del productor, Fabiola Escobar en Santa Lucía – Boaco. Primera, 1999.

	INOCULADA	SIN INOCULAR
Rendimientos medios(kg / ha)	2,070.23	1,617.37
Rendimientos ajustados 5% (k g / ha)	1,966.72	1,536.50
Precio de campo de frijol (C\$ / kg)	7.50	7.50
Beneficio bruto de campo (C\$ / ha)	14,750.40	11,523.75
COSTOS VARIABLES		
Costo del inoculante (C\$ / ha)	65.78	
Costo de mano de obra de inoculación (C\$ / ha)	41.66	
Total de costos que varían (C\$ / ha)	107.44	
Beneficio neto (C\$ / ha)	14,643.00	11,523.75
Tasa de retorno marginal. (%)	2,903.00	

En la finca de la Sra. Fabiola Escobar (2), los rendimientos ajustados al 5% muestran una clara diferencia entre la parcela inoculada (con 1 966.72 kg/ha) y la parcela sin inocular (con 1 536.50 kg/ha), dicha diferencia es de 430.22 kg / ha favorable a la parcela inoculada. Cabe destacar que ambas parcelas no se les aplicó fertilizante químico.

Con relación a los costos variables, la parcela inoculada excede en 107.44 C\$ / ha con respecto a la sin inocular, esta cantidad representa específicamente el costo del inoculante y su aplicación.

La TRM es de 2903%, esto significa, que por cada córdoba que se invierte en la nueva tecnología se obtiene un beneficio neto de C\$ 1 más C\$ 29.03

Tabla. 6. Análisis económico de las parcelas con y sin inoculación, en la finca del productor, Silverio Jarquín, en Santa Lucía – Boaco. Primera, 1999.

	INOCULADA	SIN INOCULAR
Rendimientos medios(kg / ha)	582.85	452.86
Rendimientos ajustados 5% (k g / ha)	553.14	430.22
Precio de campo de frijol (C\$ / kg)	7.50	7.50
Beneficio bruto de campo (C\$/ ha)	4,148.55	3,227.00
COSTOS VARIABLES		
Costo del inoculante (C\$ / ha)	65.78	
Costo de mano de obra de inoculación (C\$ / ha)	41.66	
Total de costos que varían (C\$ / ha)	107.44	
Beneficio neto (C\$ / ha)	4,041.11	3,227.00
Tasa de retorno marginal. (%)	758.00	

En la finca del productor Silverio Jarquín (4), los rendimientos ajustados al 5% muestran una clara diferencia entre la parcela inoculada (con 553. 14 kg/ha) y la parcela sin inocular (con 430.22 kg/ha), dicha diferencia es de 122.92 kg/ha, favorable a la parcela inoculada. Cabe destacar que ambas parcelas no se aplicó fertilizante químico.

Con relación a los costos variables la parcela inoculada excede en 107.44 C\$/ha con respecto a la sin inocular, esta cantidad representa específicamente el costo del inoculante y su aplicación. La TRM es de 758%, esto significa, que por cada córdoba que se invierte en la nueva tecnología se obtiene un beneficio neto de C\$ 1 más C\$ 7.58

Tabla. 7. Análisis económico de las parcelas con y sin inoculación, en la finca del productor, Socorro Flores, en Santa Lucía – Boaco. Primera, 1999.

	INOCULADA	SIN INOCULAR
Rendimientos medios(kg / ha)	1,099.81	711.64
Rendimientos ajustados 5% (k g / ha)	1,044.82	676.06
Precio de campo de frijol (C\$ / kg)	7.50	7.50
Beneficio bruto de campo (C\$/ ha)	7,836.15	5,070.45
COSTOS VARIABLES		
Costo del inoculante (C\$ / ha)	7.78	
Costo de mano de obra de inoculación (C\$ / ha)	41.66	
Total de costos que varían (C\$ / ha)	107.44	
Beneficio neto (C\$ / ha)	7,728.70	5,070.45
Tasa de retorno marginal (%)	2,474.00	

En la finca del productor Socorro Flores (6), se obtuvieron rendimientos ajustados al 5% de 1 044.82 kg/ha en la parcela inoculada y de 676.06 kg/ha en la parcela sin inocular . Cabe destacar que ambas parcelas no se aplicó fertilizante químico.

Los costos variables de la parcela inoculada son mayores 107.44 C\$/ha con relación a la parcela sin inocular. Respecto a los beneficios netos las parcelas inoculadas presentan 7 728.70 C\$/ha, mientras que la parcela sin inocular obtiene un beneficio neto menor que es de 5 070.45 C\$/ha. La TRM es de 2474%, esto significa, que por cada córdoba que se invierte en la nueva tecnología se obtiene un beneficio neto de C\$ 1 más C\$ 24.74

Tabla. 8. Análisis económico de las parcelas con y sin inoculación, en la finca del productor , Francisco R. Angulo, en Santa Lucía -Boaco. Primera, 1999.

	INOCULADA	SIN INOCULAR
Rendimientos medios(kg / ha)	1,293.89	1,099.81
Rendimientos ajustados 5% (k g / ha)	1,229.20	1,044.82
Precio de campo de frijol (C\$ / kg)	7.50	7.50
Beneficio bruto de campo (C\$/ ha)	9,219.00	7,836.15
COSTOS VARIABLES		
Costo del inoculante (C\$ / ha)	6.78	
Costo de mano de obra de inoculación (C\$ / ha)	41.66	
Total de costos que varían (C\$ / ha)	107.44	
Beneficio neto (C\$ / ha)	9,111.6	7,836.15
Tasa de retorno marginal. (%)	1,187.00	

En la finca del productor Reynaldo Angulo (5), los rendimientos ajustados al 5% muestran una clara diferencia entre la parcela inoculada (con 1 229.20 kg/ha) y la parcela sin inocular (con 1 044.82 kg/ha), dicha diferencia es de 184.38 kg/ha, favorable a la parcela inoculada. Cabe destacar que ambas parcelas no se aplicó fertilizante químico.

Con relación a los costos variables la parcela inoculada excede en 107.44 C\$/ha con respecto a la sin inocular, esta cantidad representa específicamente el costo del inoculante y su aplicación. La TRM es de 1187%, esto significa, que por cada córdoba que se invierte en la nueva tecnología se obtiene un beneficio neto de C\$ 1 más C\$ 11.87

Tabla. 9. Análisis económico de las parcelas con y sin inoculación, en la finca del productor, Francisco Flores, en Santa Lucía -Boaco. Primera, 1999.

	INOCULADA	SIN INOCULAR
Rendimientos medios(kg / ha)	2,154.33	1,436.22
Rendimientos ajustados 5% (k g / ha)	2,046.61	1,3 64.41
Precio de campo de frijol (C\$ / kg)	7.50	7.50
Beneficio bruto de campo (C\$/ ha)	15,349.57	10,233.07
COSTOS VARIABLES		
Costo del inoculante (C\$ / ha)	65.78	
Costo de mano de obra de inoculación (C\$ / ha)	41.66	
Total de costos que varían (C\$ / ha)	107.44	
Beneficio neto (C\$ / ha)	15,242.13	10,233.07
Tasa de retorno marginal. (%)	4,662.00	

En la finca del productor Francisco Flores (9), los rendimientos ajustados al 5% muestran una clara diferencia entre la parcela inoculada (con 2 046.61 kg/ha) y la parcela sin inocular (con 1 364.41 kg/ha), dicha diferencia es de 682.2 kg/ha, favorable a la parcela inoculada. Cabe destacar que ambas parcelas no se aplicó fertilizante químico.

Con relación a los costos variables la parcela inoculada excede en 107.44 C\$/ha con respecto a la sin inocular, esta cantidad representa específicamente el costo del inoculante y su aplicación. La TRM es de 4662%, esto significa, que por cada córdoba que se invierte en la nueva tecnología se obtiene un beneficio neto de C\$ 1 más C\$ 46.62

Tabla. 10. Análisis económico de las parcelas con y sin inoculación, en la finca del productor, Fernando Chavarría, en Santa Lucía – Boaco. Primera, 1999.

	INOCULADA	SIN INOCULAR
Rendimientos medios(kg / ha)	291.13	278.19
Rendimientos ajustados 5% (k g / ha)	277.00	264.30
Precio de campo de frijol (C\$ / kg)	7.50	7.50
Beneficio bruto de campo (C\$ / ha)	2,077.50	1,982.25
COSTOS VARIABLES		
Costo del inoculante (C\$ / ha)	65.78	
Costo de mano de obra de inoculación (C\$ / ha)	41.66	
Total de costos que varían (C\$ / ha)	107.44	
Beneficio neto (C\$ / ha)	1,970.06	1,982.25
Tasa de retorno marginal.	Dominado	

En la finca del productor Fernando Chavarría (3), los rendimientos ajustados al 5% muestran una clara diferencia entre la parcela sin inoculante de 12.70 kg/ha, con respecto a la parcela inoculada, favorable a la parcela inoculada. Cabe destacar que ambas parcelas no se aplicó fertilizante químico.

Con relación a los costos variables la parcela inoculada excede en 107.44 C\$/ha con respecto a la sin inocular, esta cantidad representa específicamente el costo del inoculante y su aplicación. En esta finca la nueva tecnología resultó dominada.

Tabla. 11. Análisis económico de las parcelas con y sin inoculación, en la finca del productor, Ernesto Suárez, en Santa Lucía – Boaco. Primera, 1999.

	INOCULADA	SIN INOCULAR
Rendimientos medios(kg / ha)	215.43	323.47
Rendimientos ajustados 5% (k g / ha)	205.00	307.30
Precio de campo de frijol (C\$ / kg)	7.50	7.50
Beneficio bruto de campo (C\$/ ha)	1,537.50	2,304.75
COSTOS VARIABLES		
Costo del inoculante (C\$ / ha)	65.78	
Costo de mano de obra de inoculación (C\$ / ha)	41.66	
Total de costos que varían (C\$ / ha)	107.44	
Beneficio neto (C\$ / ha)	1,430.06	2,304.75
Tasa de retorno marginal.	Dominada	

En la finca del productor Ernesto Suárez (8), los rendimientos ajustados al 5% muestran una diferencia de 102.30 kg/ha favorable a la parcela sin inocular. Cabe destacar que en ambas parcelas no se aplicó fertilizante químico.

Con relación a los costos variables la parcela inoculada excede en 107.44 C\$/ha con respecto a la sin inocular, esta cantidad representa específicamente el costo del inoculante y su aplicación. En esta finca la nueva tecnología resultó dominada.

Tabla. 12. Análisis económico de las parcelas con y sin inoculación, en la finca del productor, Joaquín Angulo, en Santa Lucía – Boaco. Primera, 1999.

	INOCULADA	SIN INOCULAR
Rendimientos medios(kg / ha)	1,423.28	1,114.04
Rendimientos ajustados 5% (k g / ha)	1,352.12	1,058.34
Precio de campo de frijol (C\$ / kg)	7.50	7.50
Beneficio bruto de campo (C\$/ ha)	10,141.00	7,937.55
COSTOS VARIABLES		
Costo del inoculante (C\$ / ha)	65.78	
Costo de mano de obra de inoculación (C\$ / ha)	41.66	
Total de costos que varían (C\$ / ha)	107.44	
Beneficio neto (C\$ / ha)	10,034.00	7,937.55
Tasa de retorno marginal. (%)	1,951.00	

En la finca del productor Joaquín Angulo (1), los rendimientos al 5% de 1,352.12 kg/ha en la parcela inoculada y de 1 058.34 kg/ha en la parcela sin inocular. Mostrando una diferencia favorable de 293.78 kg/ha a la parcela inoculada. Cabe destacar que ambas parcelas no se aplicó fertilizante químico.

Con relación a los costos variables la parcela inoculada excede en 107.44 C\$/ha con respecto a la sin inocular, esta cantidad representa específicamente el costo del inoculante y su aplicación. La TRM es de 1951%, esto significa, que por cada córdoba que se invierte en la nueva tecnología se obtiene un beneficio neto de C\$ 1 más C\$ 19.51

3.4 Sondeo sobre la percepción del productor respecto al inoculante utilizado durante la validación

A través de encuestas realizadas a los 9 productores que participaron en la validación de una mezcla de cepas de *Rhizobium*, se logró obtener información de aceptación por los productores hacia la tecnología de inoculación.

Para obtener el nivel de aceptación de los productores, se hicieron diversas preguntas, de las cuales citaremos con sus respectivas respuestas, obtenidas del 100% de los productores.

A la pregunta, ¿cómo considera el crecimiento del cultivo con la semilla inoculada comparada con la sin inocular? Con respecto a la etapa del crecimiento vegetativo, se obtuvieron resultados de 89% favorable a la nueva alternativa y el 11% restante respondió que en ambos casos fue de igual crecimiento.

Respecto a la pregunta, ¿Cómo considera la presencia de nódulos en las raíces de las plantas de frijol? El 78% (7 de 9) de los productores respondieron que la presencia fue abundante y el 22% consideraron que fue pobre y escasa la presencia de nódulos en las raíces.

Seguidamente se les preguntó, ¿En qué parcela considera que la producción fue mejor? El 89% respondieron categóricamente que fue mejor en la parcela inoculada, además agregaron que el uso de inoculante permite una mejor formación y peso de grano; el 11% respondieron que es igual y el otro 11% asegura que las parcelas sin inocular superan a la inoculada.

Como penúltima en la encuesta se les preguntó, ¿Cómo considera el inoculante? El 67% contestó que es muy bueno, el 22% contesto que es bueno y el 11% respondió que es malo.

IV. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y en las condiciones que se realizaron las parcelas de validación, se puede concluir que:

- ☞ Con el uso de la nueva tecnología se pudo determinar que existe diferencia significativa en todas las variables, excepto las variables número de vainas por plantas y número de granos por vainas.
- ☞ Basándose en los rendimientos, el índice ambiental obtenido fue mayor al promedio nacional.
- ☞ Se determinaron 4 fincas con ambientes buenos, las cuales corresponden a los productores: Joaquín Angulo, Fabiola Escobar, Francisco R. Angulo y Francisco Flores.
- ☞ Con relación al análisis económico del presupuesto parcial, en dos fincas resulto dominada la nueva tecnología, estas corresponden a los productores: Fernando Chavarría (3) y Ernesto Suárez (8).
- ☞ Referente a la percepción del uso de inoculante los productores de forma unánime manifestaron que es buena.

V. RECOMENDACIONES

- En posteriores validaciones, a través de estudios determinar el nivel de competencia entre cepas nativas e introducidas.
- Repetir validaciones, con el fin de reafirmar el comportamiento de las variables estudiadas, en diversas épocas y con diferente productores.
- Realizar ensayos experimentales, orientados a determinar el método de siembra y densidad poblacional más adecuado.
- Establecer parcelas de validación, en zonas no frijoleras como una opción de rotación de cultivo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Binder, U. 1997. Manual de leguminosas de Nicaragua. Tomo I. PASOLAC-EAGE. Estelí, Nicaragua. 191 pág.
- Castillo, O. F. & Flores, J. L. 1999. Validación tecnológica de una mezcla de cepas de *Rhizobium Leguminosarum* bv. *Phaseoli* en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), en el municipio de Boaco durante la época de apante. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua. Pág. 56.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos, un manual metodológico de evaluación económica. Edición complementaria revisada, México D.F. México. 49 pág.
- Dávila, R.F. 1977. Catalogo de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Managua, Nicaragua.
- Debouk, K.D & Hidalgo, R. 1985. Morfología de la planta del frijol común. En investigación y producción. CIAT. Editorial XYZ. Cali, Colombia.
- Esaú, k. 1986. Anatomía vegetal. Tomo I Tercera Reimpresión Edición Revolucionaria. La Habana Cuba 484 pág.
- FAO. 1985. Manual técnico de la fijación simbiótica del nitrógeno. Leguminosa *Rhizobium*. Roma, Italia 152 pág.
- Garassini, L.A. 1967. Microbiología agraria. Primera edición. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela 646 pág.
- García Avilés, E.O. & Orozco Centeno, J. C. 1999. Evaluación de una mezcla de cepas de *Rhizobium*, bajo diferentes niveles de fertilización en tres variedades de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) en Nicaragua. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, Nicaragua.
- Hardy, R. 1990. The global carbon and nitrogen economy. In nitrogen fixation Free living Systems and Chemical models. Ed. Bv W. Newton & vv. Ohme. Boltimore, University, Park Press VI pág. 73-78 Agronomía Costarricense v. 14(2) pág. 202.
- Hubell, D. H. 1986. Producción y uso de inoculante. Ceiba (Honduras) 27(1):17-22
- INETER. 1980. Catastro nacional. Proyecto CRIES.
- INETER. 1999. Departamento de estadísticas de meteorología.

- INTA. 1999. Catalogo de variedades mejoradas de granos básicos pág. 11. Managua, Nicaragua.
- Llano, A. & Obando, J. 1996. Estabilidad de rendimiento de 14 líneas promisorias del frijol en 6 ambientes de Nicaragua. INTA informe anual 1996; programa de granos básicos, sub-programa de frijol. Managua, Nicaragua pág. 22-34.
- MAG-BID-FOSEMAG. 1998. Guía técnicas para producción de semillas de Granos Básicos, Oleaginosas y Papa 113 pág.
- MAG-FOR. 1999. Granos Básico. Epoca de Apante. Avance de cosecha por región y rubro al 31 de marzo de 1999. Dirección de estadísticas del MAG-FOR. Managua, Nicaragua. Hoja informativa.
- MAG-FOR. 1999. Boletín bimensual, Indicadores Agropecuarios. Septiembre de 1999. Managua, Nicaragua.
- MAG-FOR. 2000. Granos Básicos. Epoca de Apante. Avance de cosecha por región y rubro al 31 de diciembre del 2000. Dirección de estadísticas del MAG-FOR. Managua, Nicaragua. Hoja Informativa.
- Marín, V. 1994. Isolation of Improved lines from eight local landraces of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from Nicaragua Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala 19 pág.
- Mezquita, B.E. 1973. Influencia de algunos componentes morfológico en rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis. MSC. Chapingo. México.
- Miranda, D. J. C & Molina, R. A. J. 1992. Evaluación de cinco cepas de *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseoli* en el cultivo del frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.). Managua, Nicaragua.
- Pedrosa, H. 1993. Fundamentos de experimentación agrícola. Editora de Arte. Managua, Nicaragua 26 pág.
- Pedrosa, H. & Salazar, D. 1997. Sistemas de análisis estadísticos con enfoque de investigación en finca. Primera edición, EPV-FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua 242 pág.
- Portillo, J. A. 1995. Incremento de la productividad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a nivel de finca mediante la inoculación *Rhizodium leguminuzarom* bv. *Phaseoli*. Tesis Ing. Agr., Managua, Nicaragua. Pág. 37.

- Rodríguez, R. 1981. Correlaciones fenotípicas, genotípicas y ambientales en un grupo de líneas de frijol. Revista del Centro Agrícola, Universidad Centro de las Villas. Cuba.
- Sylvester, B. R. Kipe, J. A. & Harris, F. J. 1987. Simbiosis leguminosa-Rhizobium: evaluación, selección y manejo {Guía de estudio audiotutorial}. Cali, Colombia. CIAT. Pág. 67.
- Tapia, H. 1987. Variedades mejoradas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) con granos rojo para Nicaragua. Primera edición. ISCA. Dirección de Investigación y post grado. Managua, Nicaragua 26 pág.
- White, J. 1985. Conceptos Básicos de fisiología de frijol. López, M. Frijol: Investigación y producción. Segunda reimpresión. Editorial XYZ. Cali, Colombia pág. 43-60.

VII ANEXOS

Anexo 1. Comportamiento de la altura de plantas (cm) en las parcelas de validación en frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

PRODUCTOR	P. INOCULADA	P. SIN INOCULAR
1. Joaquín Angulo	14.50	13.05
2. Fabiola Escobar	15.22	12.70
3. Fernando Chavarría	15.35	12.85
4. Silverio Jarquín	12.15	10.40
5. Francisco R. Angulo	12.25	11.70
6. Socorro Flores	18.70	16.10
7. Vivian Mendoza	14.35	14.75
8. Ernesto Suárez	16.80	14.75
9. Francisco Flores	11.22	13.30

Anexo 2. Comportamiento del diámetro de tallos en (mm), en las parcelas de validación en frijol común, Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

PRODUCTOR	P. INOCULADA	P. SIN INOCULAR
1. Joaquín Angulo	4.70	4.10
2. Fabiola Escobar	4.30	3.80
3. Fernando Chavarría	4.20	3.90
4. Silverio Jarquín	4.00	4.00
5. Francisco R. Angulo	2.90	3.10
6. Socorro Flores	4.30	4.80
7. Vivian Mendoza	5.10	5.90
8. Ernesto Suárez	4.70	5.00
9. Francisco Flores	3.80	4.90

Anexo 3. Comportamiento del número de nódulos por planta, en las parcelas de validación en frijol común, Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

PRODUCTOR	P. INOCULADA	P. SIN INOCULAR
1. Joaquín Angulo	10.30	11.70
2. Fabiola Escobar	35.40	16.20
3. Fernando Chavarría	8.90	13.10
4. Silverio Jarquín	22.70	19.30
5. Francisco R. Angulo	39.80	19.20
6. Socorro Flores	47.30	40.80
7. Vivian Mendoza	19.30	11.20
8. Ernesto Suárez	8.90	28.80
9. Francisco Flores	48.00	30.00

Anexo 4. Comportamiento del peso de nódulos (g), en las parcelas de validación en frijol común, Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

PRODUCTOR	P. INOCULADA	P. SIN INOCULAR
1. Joaquín Angulo	0.0504	0.0465
2. Fabiola Escobar	0.2043	0.2556
3. Fernando Chavarría	0.0213	0.0452
4. Silverio Jarquín	0.0664	0.0966
5. Francisco R. Angulo	0.1792	0.1093
6. Socorro Flores	0.8294	0.0283
7. Vivian Mendoza	0.0962	0.0283
8. Ernesto Suárez	0.0525	0.1245
9. Francisco Flores	0.6067	0.4702

Anexo 5. Comportamiento del número de vainas por planta, en las parcelas de validación en frijol común, Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

PRODUCTOR	P. INOCULADA	P. SIN INOCULAR
1. Joaquín Angulo	20.33	12.00
2. Fabiola Escobar	15.00	10.66
3. Fernando Chavarria	8.66	3.66
4. Silverio Jarquín	9.66	9.00
5. Francisco R. Angulo	18.35	12.00
6. Socorro Flores	12.00	8.00
7. Vivian Mendoza	8.33	4.33
8. Ernesto Suárez	9.66	14.33
9. Francisco Flores	5.66	7.66

Anexo 6. Comportamiento del número de granos por vainas, en las parcelas de validación en frijol común, Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

PRODUCTOR	P. INOCULADA	P. SIN INOCULAR
1. Joaquín Angulo	7.43	6.38
2. Fabiola Escobar	6.19	5.53
3. Fernando Chavarria	4.96	5.18
4. Silverio Jarquín	5.71	5.53
5. Francisco R. Angulo	7.36	6.25
6. Socorro Flores	6.34	5.65
7. Vivian Mendoza	5.64	5.07
8. Ernesto Suárez	5.17	6.18
9. Francisco Flores	5.05	5.05

Anexo 7. Resultados para ambientes buenos con inoculante. Parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

Probabilidad	Medias (y)	ST Error	t(α)	Limite superior	Limite inferior
0.25 (75%)	1735.43	219.84	0.76	1903.60	-1567.25
0.10 (90%)	1735.43	219.84	1.64	2095.96	-1374.89
0.05 (95%)	1735.43	219.84	2.35	2252.05	-1218.80
0.025 (97%)	1735.43	219.84	3.18	2434.52	-1036.33
0.01 (99%)	1735.43	219.84	4.54	1733.50	-737.35

Anexo 8. Resultados para ambientes buenos sin inoculante. Parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

Probabilidad	Medias (y)	ST Error	t(α)	Limite superior	Limite inferior
0.25 (75%)	1316.86	170.31	0.76	1447.14	-1186.57
0.10 (90%)	1316.86	170.31	1.64	1596.16	-1037.55
0.05 (95%)	1316.86	170.31	2.35	1717.88	-916.63
0.025 (97%)	1316.86	170.31	3.18	1858.44	-775.27
0.01 (99%) 0.02	1316.86	170.31	4.54	2090.06	-543.65

Anexo 9. Resultados para ambientes pobres con inoculante. Parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

Probabilidad	Medias (y)	ST Error	t(α)	Limite superior	Limite inferior
0.25 (75%)	543.49	155.33	0.74	471.86	428.39
0.10 (90%)	543.49	155.33	1.53	542.80	305.83
0.05 (95%)	543.49	155.33	2.13	589.21	212.63
0.025 (97%)	543.49	155.33	2.78	639.50	111.67
0.01 (99%)	543.49	155.33	3.75	714.54	38.99

Anexo 10. Resultados para ambientes pobres sin inoculante. Parcelas de validación de frijol común. Santa Lucía-Boaco. Primera, 1999.

Probabilidad	Medias (y)	ST Error	t(α)	Limite superior	Limite inferior
0.25 (75%)	424.44	77.36	0.74	481.76	-367.11
0.10 (90%)	424.44	77.36	1.53	542.80	-306.07
0.05 (95%)	424.44	77.36	2.13	589.21	-259.66
0.025 (97%)	424.44	77.36	2.78	639.50	-209.37
0.01 (99%)	424.44	77.36	3.75	714.54	-134.34

Anexo 11. Características agronómicas de la variedad de frijol DOR-364.

Progenitores	DOR-1215 x (RAB 166 x DOR-125)
Floración (DDS)	36 – 38
Color de vaina	Rosado estriado
Color de grano	Rojo oscuro
Forma del grano	Rectangular
Peso de 100 semillas (g)	20 - 24
Mosaico dorado	Resistente
Mosaico común	Resistente
Requema (Mustia-Bacteriosis)	Tolerante
Sequía	Susceptible
Maduración fisiológica (DDS)	75 – 80
Cosecha (DDS)	80 – 85
Epoca de siembra	Postrera y apante
Distancia entre surco (m)	0.50 – 0.55
Densidad de siembra (mil/ha)	257 – 315
Método de siembra	Espeque, bueyes y maquinaria
Potencial de rendimiento kg/ha	636 – 1136
Zonas recomendadas	Carazo, Matagalpa, Jinotega, Nueva Segovia, Jalapa y Santa Lucía.

Fuente: INTA, 1999.

Anexo 12. Condiciones agroecológicas optimas para el cultivo de frijol.

Altitud (msnm)	4500 - 800
Temperatura (°C)	17 - 24
Precipitación acumulada (mm)	200 – 450
Precipitación por mes (mm)	6
Textura	Franco
Profundidad de raíz (cm)	>60
Pendiente (%)	<15
Drenaje	Bueno
PH	6.5
Aluminio saturación (%)	20

Fuente: MAG-BID-FOSEMAG, 1998.

Anexo 11. Características agronómicas de la variedad de frijol DOR-364.

Progenitores	DOR-1215 x (RAB 166 x DOR-125)
Floración (DDS)	36 – 38
Color de vaina	Rosado estriado
Color de grano	Rojo oscuro
Forma del grano	Rectangular
Peso de 100 semillas (g)	20 - 24
Mosaico dorado	Resistente
Mosaico común	Resistente
Requema (Mustia-Bacteriosis)	Tolerante
Sequía	Susceptible
Maduración fisiológica (DDS)	75 – 80
Cosecha (DDS)	80 – 85
Epoca de siembra	Postrera y apante
Distancia entre surco (m)	0.50 – 0.55
Densidad de siembra (mil/ha)	257 – 315
Método de siembra	Espeque, bueyes y maquinaria
Potencial de rendimiento kg/ha	636 – 1136
Zonas recomendadas	Carazo, Matagalpa, Jinotega, Nueva Segovia, Jalapa y Santa Lucía.

Fuente: INTA, 1999.

Anexo 12. Condiciones agroecológicas optimas para el cultivo de frijol.

Altitud (msnm)	4500 - 800
Temperatura (°C)	17 - 24
Precipitación acumulada (mm)	200 – 450
Precipitación por mes (mm)	6
Textura	Franco
Profundidad de raíz (cm)	>60
Pendiente (%)	<15
Drenaje	Bueno
PH	6.5
Aluminio saturación (%)	20

Fuente: MAG-BID-FOSEMAG, 1998.